

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)



EP 0 891 806 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

20.01.1999 Patentblatt 1999/03

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B01D 53/94, F01N 3/08

(21) Anmeldenummer: 98112703.8

(22) Anmeldetag: 09.07.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 19.07.1997 DE 19731131

(71) Anmelder:

Volkswagen Aktiengesellschaft  
38436 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:

Pott, Ekkehard, Dipl.-Ing.  
38518 Gifhorn (DE)

### (54) Verfahren und Vorrichtung zur Regeneration einer Schwefelfalle

(57) Eine Schwefelfalle und ein Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle wird beschrieben, wobei die Schwefelfalle einem NOx-Speicher vorgelagert ist. Die Schwefelfalle umfaßt einen konzentrisch axial in der Schwefelfalle angeordneten Bypass, der mittels einer Klappe öffn- und verschließbar ist. Nach dem Umschalten der Motorbetriebsbedingungen von mager auf fett nach der Detektion der Regenerationsnotwendigkeit der Schwefelfalle wird die Schwefelfalle elektrisch auf oberhalb einer De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur aufgeheizt. Dabei ist zu Beginn der Aufheizung der Bypass der Schwefelfalle geöffnet. Nach Verstreichen einer vorbestimmten Mindestzeit wird die

Heizung der Schwefelfalle abgeschaltet und der Motor wieder auf Magerbetrieb umgestellt, nachdem ein weiterer Zeitlauf verstrichen ist, um sicherzustellen, daß die Sulfatsäule sich aus dem NOx-Speicher hinausbewegt hat. In dem Fettbetrieb der Motors wird gleichzeitig eine Regeneration des NOx-Speichers bewirkt. Bei Schwefelfallen, bei denen eine thermische De-Sulfatierung unterhalb einer De-Sulfatierungsmindesttemperatur sicher ausgeschlossen werden kann, kann die Schwefelfalle bereits elektrisch geheizt werden, bevor ein Motorbetrieb mit  $\lambda \leq 1$  eingestellt wird.

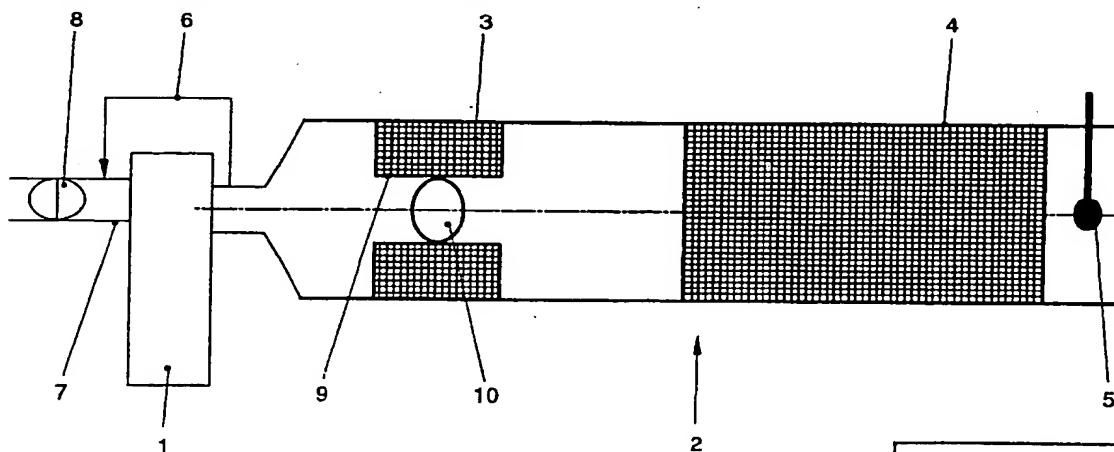
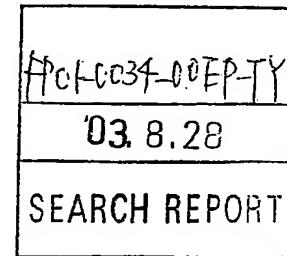


FIG. 1



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle, die einem NOx-Speicher zur Abgasreinigung einer Brennkraftmaschine vorgeschaltet ist, wobei ein Bypass zur Umgehung der Schwefelfalle vorgesehen ist, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Bei NOx-Speicherkatalysatoren wird neben der erwünschten Einlagerung von NOx im mageren Abgas auch eine Einlagerung von SOx beobachtet. Die Sulfate entstehen bei der Verbrennung schwefelhaltigen Kraftstoffs und der nachfolgenden Oxidation auf katalytisch wirksamen Oberflächen.

Während die eingelagerten NOx-Bestandteile bereits bei niedrigen Temperaturen ab ca. 150 °C teilweise und spätestens bei 250 °C vollständig bei Abgasdurchströmung mit  $\lambda < 1$  wieder freigesetzt und in N<sub>2</sub> umgewandelt werden, sind für die Sulfatfreisetzung und -umwandlung wesentlich höhere Temperaturen im Bereich von 500 °C bis > 700 °C erforderlich. Die De-Sulfatierungszeiten sind überdies je nach verwendetem Speichermaterial stark temperaturabhängig. Ohne begleitende Maßnahmen am Kraftstoff (Reduzierung des Schwefelgehaltes) oder am NOx-Speicher (verbesserte Schwefelresistenz) tritt eine schleichende Vergiftung des Speichers ein, die die NOx-Einlagerungsfähigkeit bis auf Null reduzieren kann. Vollkommen schwefelresistente NOx-Speichermaterialien sind derzeit nicht bekannt und eine Kraftstoffmodifizierung ist wegen der raffinerie- und infrastrukturseitigen Probleme auch nicht kurzfristig zu erwarten.

Zur Schonung des NOx-Speichers einer Abgasreinigungsvorrichtung einer Brennkraftmaschine werden daher vorgeschaltete Schwefelfallen eingesetzt, die infolge einer nahezu vollständigen Sulfateinlagerung die Vergiftung des nachgeschalteten NOx-Speichers erheblich verzögern. Die EP 0 690 213 und EP 0 625 633 beschreiben allgemein De-Sulfatierungsverfahren für Schwefelfallen bei Verbrennungsmotoren, insbesondere Umfang und Dauer der Anfettung in Abhängigkeit von der Abgastemperatur und der SOx-Beladung.

Während der De-Sulfatierung wird der nachgeschaltete NOx-Speicher mittels eines Bypasses umgangen.

Während bei Mager- und DI-Ottomotoren die erforderlichen Speicher- und Abgastemperaturen in weiten Bereichen des Motorkennfeldes durch einen Betrieb mit  $\lambda \leq 1$  erzielt werden können, ist bei Dieselmotoren und insbesondere bei Aufladungsdieselmotoren wegen des grundsätzlich mageren Betriebs und der hohen Abgasmassenströme ein Erreichen der De-Sulfatierungsbedingungen bzw. -temperaturen üblicherweise nicht möglich. Auch wenn bei vollastnähem Betrieb Abgastemperaturen größer 500 °C erreicht werden, ist wegen des Leistungseinbruchs kein Betrieb mit  $\lambda \leq 1$  möglich. Allein durch Änderung der Motorbetriebsweise kann

daher keine De-Sulfatierung bei Dieselmotoren sicher gestellt werden. Die Bereitstellung der Reduktionsmittel CO, HC und H<sub>2</sub> kann jedoch im Teillastbetrieb weiterhin wie bei der NOx-Speicherregeneration erfolgen.

Ferner sind elektrisch heizbare Katalysatoren (E-Kat) bei Ottomotoren bekannt, die bereits nach wenigen Sekunden bei einer Bestromung von 150A Temperaturen von größer als 800 °C erreichen, falls keine Abgasdurchströmung stattfindet. Mit zunehmendem Abgasmassenstrom wird jedoch die Aufheizung des E-Kats verzögert und die Beharrungstemperatur sinkt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, die eine Regeneration innerhalb kurzer Zeit ermöglichen.

Die Aufgabe wird durch die Verfahren nach Anspruch 1 und Anspruch 2 sowie die Vorrichtung nach Anspruch 9 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle, die einem NOx-Speicher einer Brennkraftmaschine vorgeschaltet ist, wobei die Schwefelfalle unter ersten Betriebsbedingungen Schwefel durch Sulfateinlagerung speichert und aus der unter zweiten Betriebsbedingungen das gespeicherte Sulfat aus der Schwefelfalle entfernt wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- 30 - Umstellen der Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine auf einen Betrieb mit  $\lambda \leq 1$  zu einem Zeitpunkt A, vor dem eine regenerationswürdige SOx-Beladung der Schwefelfalle (3) erkannt wurde;
- 35 - Beaufschlagen der Schwefelfalle (3) mit Heizstrom im relativ zu A späteren Zeitpunkt B, in dem ein  $\lambda$ -Wert < 1 gemessen wird, oder kurz danach (Zeitpunkt C);
- 40 - Leiten des Abgases um die Schwefelfalle herum ab einem Zeitpunkt D, der kurz nach dem Zeitpunkt C liegt oder mit diesem identisch ist;
- 45 - Leiten des Abgases durch die Schwefelfalle (3) ab einem Zeitpunkt F, in dem die De-Sulfatierungstemperatur um einen vorbestimmten Betrag überschritten ist;
- 50 - Beibehalten des Überschreitens der De-Sulfatierungsmindesttemperatur bis zu einem relativ zu F späteren Zeitpunkt H, in dem die Schwefelfalle (3) sicher desulfatiert ist;
- 55 - Abschalten des Heizstroms im Zeitpunkt H;
- Umschalten des Motorbetriebs auf normale Betriebsbedingungen zu einem relativ zu H späteren Zeitpunkt K, zu dem sich die schwefelhaltige Abgassäule nicht mehr im NOx-Speicher befindet.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle, bei der eine thermische De-Sulfatierung unterhalb einer De-Sulfatierungsmindesttemperatur ausgeschlossen ist, die einem

NOx-Speicher einer Brennkraftmaschine vorgeschaltet ist, wobei die Schwefelfalle unter ersten Betriebsbedingungen Schwefel durch Sulfateinlagerung speichert und aus der unter zweiten Betriebsbedingungen das gespeicherte Sulfat aus der Schwefelfalle entfernt wird, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Beaufschlagen der Schwefelfalle mit Heizstrom in einem Zeitpunkt C, vor dem eine regenerationswürdige SOx-Beladung der Schwefelfalle erkannt wurde,
- Leiten des Abgases um die Schwefelfalle herum ab einem Zeitpunkt D, der kurz nach dem Zeitpunkt C liegt oder mit diesem identisch ist,
- Umstellen der Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine auf einen Betrieb mit  $\lambda \leq 1$  zu einem Zeitpunkt A nach dem Zeitpunkt D,
- Leiten des Abgases durch die Schwefelfalle ab einem Zeitpunkt F, in dem die De-Sulfatierungstemperatur um einen vorbestimmten Betrag überschritten ist,
- Beibehalten des Überschreitens der De-Sulfatierungsmindesttemperatur bis zu einem relativ zu F späteren Zeitpunkt H, in dem die Schwefelfalle sicher desulfatiert ist,
- Abschalten des Heizstroms im Zeitpunkt H,
- Umschalten des Motorbetriebs auf normale Betriebsbedingungen zu einem relativ zu H späteren Zeitpunkt K, zu dem sich die schwefelhaltige Abgassäule nicht mehr im NOx-Speicher befindet.

Durch das Umleiten des Abgasstroms um die Schwefelfalle herum wird sowohl bei Otto- als auch bei Dieselmotoren ein schnelles elektrisches Aufheizen der Schwefelfalle erzielt. Bedingt durch die Abkühlung der Schwefelfalle beim erneuten Durchleiten des Abgasstroms durch die Schwefelfalle wird die weitere elektrische Aufheizung der Schwefelfalle verhindert und eine geringere Beharrungstemperatur unterhalb der maximal zulässigen Temperatur, aber oberhalb der notwendigen De-Sulfatierungstemperatur, erreicht.

Vorzugsweise wird der  $\lambda$ -Wert auf einen Wert von 0,6 bis 0,999, vorzugsweise 0,8, gedrosselt und der Heizstrom beträgt 50 bis 250 A, vorzugsweise 100 A.

Vorzugsweise beträgt die Desulfatierungsmindesttemperatur 500 bis 750 °C, vorzugsweise 650 °C.

Vorzugsweise wird bei einem stöchiometrischen Reduktionsmittelbedarf von 4 Mol CO pro Mol SO<sub>4</sub> ein Sicherheitszuschlag bei der Desulfatierung von 0 bis 300 %, insbesondere 30 %, zugeschlagen.

Vorzugsweise werden für den Zeitraum A bis K der Desulfatierung 8 bis 60 Sekunden, vorzugsweise 15 - 30 Sekunden, benötigt.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zum Reinigen von Abgasen einer Brennkraftmaschine, die in Mager-/Fett-Betriebszuständen gefahren werden kann, mit einem NOx-Speicher und einer vorgeschalteten Schwefelfalle, wobei die Schwei-

felfalle elektrisch heizbar ist.

Vorzugsweise weist die Vorrichtung einen konzentrisch in der Schwefelfalle angeordneten Bypass auf. Dabei kann der Bypass mit einer steuerbaren Klappe geöffnet und geschlossen werden.

Durch die konzentrische Anordnung der Klappe bzw. des Bypass innerhalb der Schwefelfalle ergibt sich ein deutlich geringerer Platzbedarf und wesentlich geringere Kosten, wobei die Klappe im Normalbetrieb geschlossen und der gesamte Abgasstrom durch die Schwefelfalle strömt, während bei geöffneter Klappe während des Beginns der De-Sulfatierungsphase der Hauptabgasstrom wegen des geringeren Gegendrucks der Klappe durch den axial verlaufenden Kanal strömt. Durch die elektrische Heizung der Schwefelfalle kann so die De-Sulfatierungstemperatur äußerst schnell erreicht werden.

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben, in denen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Systems bestehen aus der Brennkraftmaschine mit nachgeschaltetem Katalysator zeigt,

Fig. 2 einen ersten Regenerationsablauf der Schwefelfalle zeigt, und

Fig. 3 einen zweiten Regenerationsablauf der Schwefelfalle zeigt.

Fig. 1 zeigt einen mit einem Katalysator 2 versehenen Motor 1, wobei der Katalysator 2 in Abgasflußrichtung hintereinander angeordnet eine SOx-Falle 3 und einen NOx-Speicher 4 aufweist. Dem NOx-Speicher 4 nachfolgend angeordnet ist eine Lambda-Sonde 5. Die Abgase des Motors werden über eine Abgasrückführleitung 6 in den Lufteinlaß 7 des Motors rückgekoppelt, in dem sich auch die Saugluftdrossel 8 befindet. Die SOx-Falle 3 weist einen axialen Durchlaß 9 oder Bypass 9 auf, der axialsymmetrisch in dem Katalysator 2 angeordnet ist, wobei der axiale Durchlaß 9 der SOx-Falle 3 eine konzentrische Klappe 10 umfaßt, mit der der axiale Durchlaß 9 geöffnet bzw. verschlossen werden kann. Im Falle einer zylinderförmigen SOx-Falle 3 ist der Durchlaß 9 konzentrisch angeordnet, was ebenfalls auf die Klappe 10 zutrifft. Die konzentrische Klappe 10 ist elektronisch beispielsweise über einen Stellmotor (nicht dargestellt) verstellbar. Vorzugsweise Maße der SOx-Falle bei einem 1,9 Liter Turbo-Diesel-Motor sind beispielsweise: Innendurchmesser der SOx-Klappe 55 mm (40 bis 70 mm); Außendurchmesser der SOx-Falle 140 mm (100 bis 150 mm), Länge der SOx-Falle 75 mm (50 bis 150 mm), maximale Aufheiztemperatur 800 °C (600 bis 900 °C), De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur 650 °C (500 bis 700 °C).

Bei der De-Sulfatierung dürfte wegen der HC- und H<sub>2</sub>-Emissionen mit der Bildung geruchsintensiver

Schwefelwasserstoffverbindungen zu rechnen sein. Hier könnte ein dem ganzen System nachgeschalteter Oxidationskatalysator (nicht dargestellt) mit O<sub>2</sub>-Speicherkomponenten wirksam werden, oder der NOx-Speicher 4 wird als Dreizonenkatalysator ausgelegt, wie dies in der deutschen Anmeldung DE-196 40 161 beschrieben ist. Die letzte Zone wird in diesem Fall aus stark sauerstoffspeichernden Washcoat und Platinbeschichtung aufgebaut. In diesem Falle muß die Lambdasonde 5 jedoch vor dem NOx-Speicher 4 angeordnet werden, wobei ihr Signal um die Abgaslaufzeit durch den NOx-Speicher 4 korrigiert werden muß, wobei die Abgaslaufzeit zusätzlich mit einem Sicherheitszuschlag versehen wird.

Fig. 2 beschreibt den gesamten De-Sulfatierungsablauf, wobei eine NOx-Speicherentladung in diesem Ablauf mit integriert ist. Dargestellt ist das Verhalten wesentlicher Betriebsparameter in relativen Einheiten gegenüber der Zeit t. So zeigt Kurve I das zeitliche Verhalten der SOx-Beladung, Kurve II das zeitliche Verhalten von  $\lambda$  gemessen nach dem NOx-Speicher 4, Kurve III den Temperaturverlauf in der SOx-Falle 3, Kurve IV die Stellung der Saugluftdrossel 8, wobei der höhere Wert der Stellung "auf" entspricht, während der niedrigere Wert der Stellung "zu" entspricht. Kurve V gibt den zeitlichen Verlauf des Heizstroms wieder und Kurve VI die Stellung der Bypass-Klappe 10 der SOx-Falle 3, wobei der höhere Wert der Stellung "auf" und der niedrige Wert der Stellung "zu" entspricht. Die Konstante VII soll die De-Sulfatierungstemperatur darstellen und die Konstante VIII den  $\lambda$ -Wert Eins. Die obigen Definitionen gelten in Fig. 3 analog.

Vor dem Zeitpunkt A wird eine regenerationswürdige SOx-Beladung (Kurve I) der Schwefelfalle 3 erkannt, vorzugsweise beispielsweise immer dann, wenn der akkumulierte Kraftstoffverbrauch seit der letzten De-Sulfatierung einen bestimmten Wert überschritten hat. Andere Verfahren zur Erkennung der Notwendigkeit einer Regeneration der Schwefelfalle sind jedoch möglich: Wenn motor- und temperaturseitig günstige Randbedingungen für eine Regeneration vorliegen (Motorlast  $\leq$  Teillast; Drehzahl  $>$  Leerlauf; Temperatur<sub>abgas</sub> > ca. 200 °C) wird zum Zeitpunkt A die Saugluftdrossel 8 (Kurve IV) weitgehend geschlossen und die Kraftstoffeinspritzmenge so erhöht, daß ein Betrieb mit  $\lambda \leq 1$  erfolgt. Nach kurzer, lauflängenbedingter Totzeit wird ab dem Zeitpunkt B bei der nach dem NOx-Speicher 4 angeordneten Lambdasonde 9 ein  $\lambda$ -Wert < 1 (Kurve II) gemessen, so daß sowohl in der Schwefelfalle 3 als auch im NOx-Speicher 4 fettes Abgas vorliegt. Nach Verstreichen eines weiteren kurzen Zeitabschnitts (der auch Null betragen kann), wird zum Zeitpunkt C die elektrisch beheizbare Schwefelfalle 3 mit Strom (Kurve V) beaufschlagt. Etwa im selben Moment (Zeitpunkt D) wird die konzentrische Klappe 10 (Kurve VI) geöffnet, so daß nur noch ein geringer Abgas-Reststrom durch die Schwefelfalle 3 fließt. Es kommt zu einer schnellen Aufheizung mit Überschreiten

der De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur (Kurve VII) im Zeitpunkt (E). Bereits in diesem Moment tritt eine De-Sulfatierung ein, und zwar abhängig von der Durchströmung mit Abgas. Sobald die De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur um einen bestimmten Betrag überschritten wird, wird die konzentrische Klappe 10 des Bypass 9 wieder geschlossen und der gesamte CO-reiche Abgasstrom strömt durch die Schwefelfalle 3. Die unvermeidliche Auskühlung wird dabei durch die weitere Bestromung verzögert. Zum Zeitpunkt G kann bei stöchiometrischer Reaktion zwischen dem Sulfat und dem Reduktionsmittel CO von einer vollständigen De-Sulfatierung ausgegangen werden. Analog zu der Regeneration des NOx-Speichers 4 wird ein gewisser Sicherheitszuschlag des Reduktionsmittelangebots durch eine Verlängerung der De-Sulfatierungszeit bis zum Zeitpunkt H empfohlen. Die Dimensionierung der Schwefelfalle 3, der konzentrischen Klappe 10 und der Stromaufnahme ist so auszulegen, daß die De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur zwischen den Zeitpunkten F und H keinesfalls unterschritten wird. Zum Zeitpunkt H wird der Strom abgeschaltet und die Schwefelfalle 3 kühl sehr schnell bis unter die De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur im Zeitpunkt J aus. Damit sich die freigesetzten Sulfate nicht im nachgeschalteten NOx-Speicher 4 ablagern, wird der Betriebszustand des Motors 1 so lange weiter fettgehalten, bis sich die schwefelhaltige Abgassäule nicht mehr im NOx-Speicher 4 befindet und dort bei magerer Umgebung eingelagert werden könnte (Zeitpunkt K). Zum Zeitpunkt K kann dann gefahrlos der normale Motorbetrieb (Mager-Fett-Betrieb) wieder aufgenommen werden. Zum Zeitpunkt L ist das gesamte Abgas daher wieder mager und die SOx-Einlagerung kann wieder von neuem beginnen (ansteigende Kurve I).

Die gerade beschriebene Betriebsstrategie gilt für SOx-Speichermaterialien, bei denen infolge einer möglichen thermischen De-Sulfatierung bereits während der Aufheizphase fette Umgebungsbedingungen herrschen müssen.

Fig. 3 zeigt einen De-Sulfatierungsablauf für SOx-Speichermaterialien, bei denen eine thermische De-Sulfatierung unterhalb der De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur sicher ausgeschlossen werden kann. Die Bezeichnung der Kurven wurde im Zusammenhang mit Fig. 2 bereits definiert. In diesem Fall ist eine Aufheizung der Schwefelfalle 3 zumindest teilweise im mageren Abgas möglich, d.h. die Saugluftdrossel 8 wird erst dann geschlossen, wenn die Schwefelfalle 3 bereits elektrisch geheizt wird. Fettes Abgas nach dem NOx-Speicher 4 (Zeitpunkt B) muß jedoch spätestens beim Überschreiten der De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur im SOx-Speicher 3 (Zeitpunkt E) vorliegen. Die Zeitdauer der Motordrosselung (A - K) dürfte sich in diesem Fall um ca. 20 % (2 % bis 60 %) verkürzen.

## BEZUGSZEICHENLISTE

1	- Motor	
2	- Katalysator	
3	- SOx-Falle	5
4	- NOx-Speicher	
5	- $\lambda$ -Sonde	
6	- Abgasrückführleitung	
7	- Lufteinlaß	
8	- Saugluftdrossel	10
9	- axialer Durchfluß	
10	- konzentrische Klappe	
I	- SOx-Beladung	
II	- $\lambda$ nach NOx-Speicher	
III	- Temperatur der SOx-Falle	15
IV	- Saugluftdrosselstellung	
V	- Stromverlauf	
VI	- Stellung konzentrische Klappe	
VII	- De-Sulfatierungsmindesttemperatur	
VIII	- $\lambda = 1$	20

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle (3), die einem NOx-Speicher (4) einer Brennkraftmaschine (1) vorgeschaltet ist, wobei die Schwefelfalle (3) unter ersten Betriebsbedingungen Schwefel durch Sulfateinlagerung speichert und aus der unter zweiten Betriebsbedingungen das gespeicherte Sulfat aus der Schwefelfalle (3) entfernt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Umstellen der Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine auf einen Betrieb mit  $\lambda \leq 1,1$ , insbesondere  $\lambda \leq 1$ , zu einem Zeitpunkt A, wenn eine regenerationswürdige SOx-Beladung der Schwefelfalle (3) erkannt wurde, 25
- Beaufschlagen der Schwefelfalle (3) mit Heizstrom in einem Zeitpunkt C, wenn eine regenerationswürdige SOx-Beladung der Schwefelfalle (3) erkannt wurde,
- Leiten des Abgases um die Schwefelfalle herum ab einem Zeitpunkt D, der kurz nach dem Zeitpunkt C liegt oder mit diesem identisch ist,
- Umstellen der Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine auf einen Betrieb mit  $\lambda \leq 1,1$ , insbesondere  $\lambda \leq 1$ , zu einem Zeitpunkt A nach dem Zeitpunkt D,
- Leiten des Abgases durch die Schwefelfalle (3) ab einem Zeitpunkt F, in dem die De-Sulfatierungstemperatur erreicht oder um einen insbesondere vorbestimmten Betrag überschritten ist,
- Beibehalten des Überschreitens der De-Sulfatierungsmindesttemperatur bis zu einem relativ zu F späteren Zeitpunkt H, in dem die Schwefelfalle (3) desulfatiert ist;
- Abschalten des Heizstroms im Zeitpunkt H;
- Umschalten des Motorbetriebs auf normale Betriebsbedingungen zu einem Zeitpunkt K, der insbesondere später ist als der Zeitpunkt H und zu dem sich die schwefelhaltige Abgasäule insbesondere nicht mehr im NOx-Speicher (4) befindet.

2. Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle (3), bei der eine thermische De-Sulfatierung unterhalb einer De-Sulfatierungsmindesttemperatur ausgeschlossen ist, die einem NOx-Speicher (4) einer Brennkraftmaschine (1) vorgeschaltet ist, wobei die Schwefelfalle (3) unter ersten Betriebsbedingungen Schwefel durch Sulfateinlagerung speichert und aus der unter zweiten Betriebsbedingungen das gespeicherte Sulfat aus der Schwefelfalle (3) entfernt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Beaufschlagen der Schwefelfalle (3) mit Heizstrom in einem Zeitpunkt C, wenn eine regenerationswürdige SOx-Beladung der Schwefelfalle (3) erkannt wurde,
- Leiten des Abgases um die Schwefelfalle herum ab einem Zeitpunkt D, der kurz nach dem Zeitpunkt C liegt oder mit diesem identisch ist,
- Umstellen der Betriebsbedingung der Brennkraftmaschine auf einen Betrieb mit  $\lambda \leq 1,1$ , insbesondere  $\lambda \leq 1$ , zu einem Zeitpunkt A nach dem Zeitpunkt D,
- Leiten des Abgases durch die Schwefelfalle (3) ab einem Zeitpunkt F, in dem die De-Sulfatierungstemperatur erreicht oder um einen insbesondere vorbestimmten Betrag überschritten ist,
- Beibehalten des Überschreitens der De-Sulfatierungsmindesttemperatur bis zu einem relativ zu F späteren Zeitpunkt H, in dem die Schwefelfalle (3) desulfatiert ist;
- Abschalten des Heizstroms im Zeitpunkt H;
- Umschalten des Motorbetriebs auf normale Betriebsbedingungen zu einem Zeitpunkt K, der insbesondere später ist als der Zeitpunkt H und zu dem sich die schwefelhaltige Abgasäule insbesondere nicht mehr im NOx-Speicher (4) befindet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einstellung der Betriebsbedingungen auf  $\lambda \leq 1$  durch Schließen einer Saugluftdrossel (8) und/oder Erhöhen der Kraftstofffeinspritzmenge und/oder Anpassung der EGR-Rate erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der  $\lambda$ -Wert auf einen Wert von 0,6 bis 0,999, vorzugsweise 0,75 - 0,85, gedrosselt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Heizstrom 50 bis 250 A, vorzugsweise 100 A, beträgt.

5

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Desulfatierungsmindesttemperatur 500 bis 750 °C, vorzugsweise 650 °C beträgt.

10

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einem stöchiometrischen Reduktionsmittelbedarf von 4 Mol CO pro Mol SO<sub>4</sub> ein Sicherheitszuschlag bei der Desulfatierung von 0 bis 300 %, vorzugsweise 30 %, zugeschlagen wird.

15

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß für den Zeitraum A bis K der Desulfatierung 8 bis 60 Sekunden, vorzugsweise 15 - 30 Sekunden, benötigt werden.

20

9. Vorrichtung zum Reinigen von Abgasen einer Brennkraftmaschine (1), die in Mager/Fett-Betriebszuständen gefahren werden kann, mit einem NOx-Speicher (4) und einer vorgeschalteten Schwefelfalle (3), wobei zur Regeneration der Schwefelfalle (3) diese elektrisch heizbar ist.

25

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorrichtung einen Bypass zum Umgehen der Schwefelfalle (3) aufweist.

30

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Bypass als Rohr (9) ausgelegt ist, das konzentrisch in der zylinderförmigen Schwefelfalle (3) angeordnet ist.

35

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß innerhalb des konzentrischen Bypass (9) eine steuerbare Klappe (10) zum Öffnen und Verschließen des Bypass (9) angeordnet ist.

40

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Abgasrückführung (6) Abgas von der stromabwärtsigen Seite der Brennkraftmaschine (1) in den Lufteinlaß (7) zurückführt.

45

55

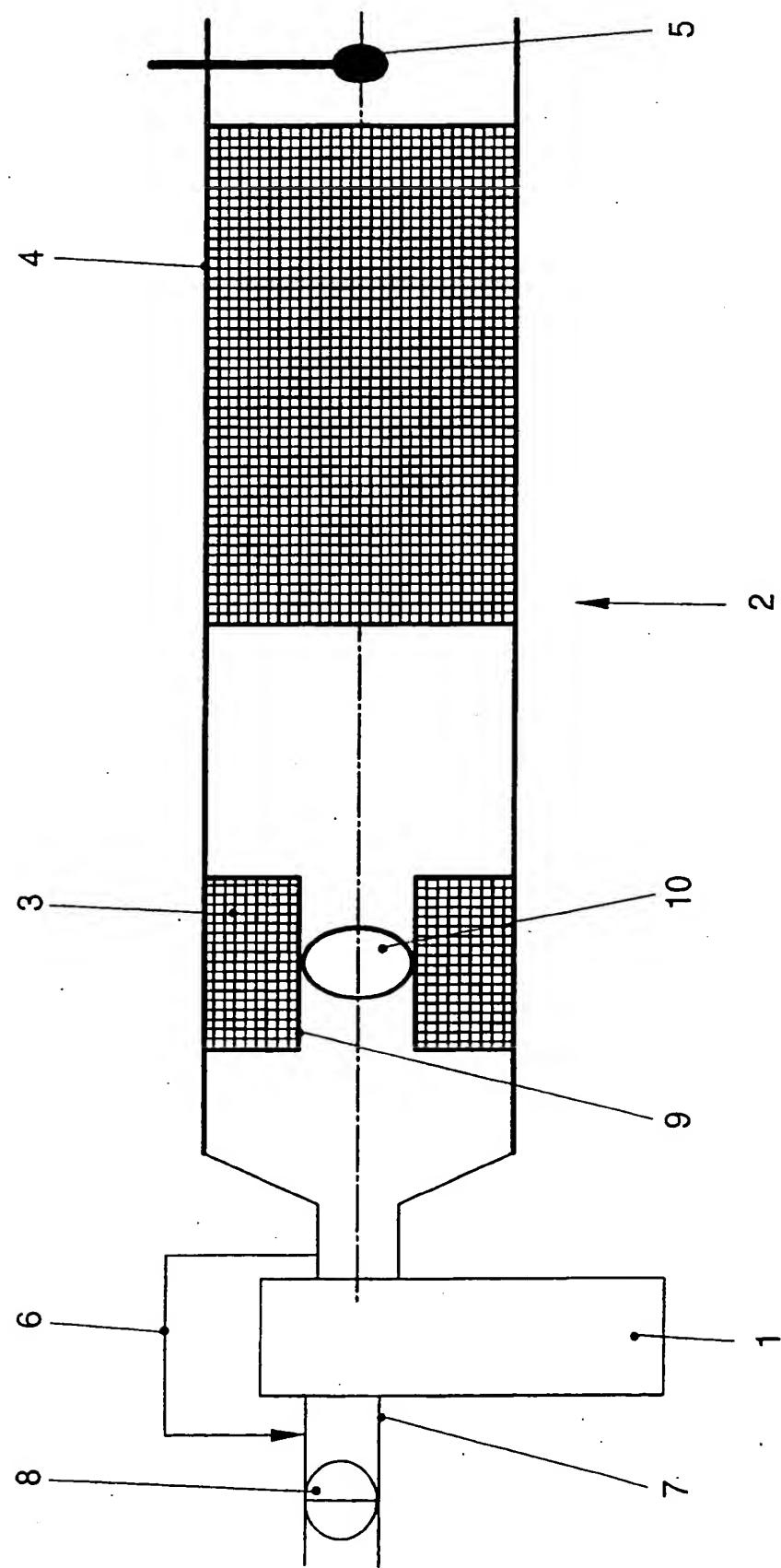


FIG. 1

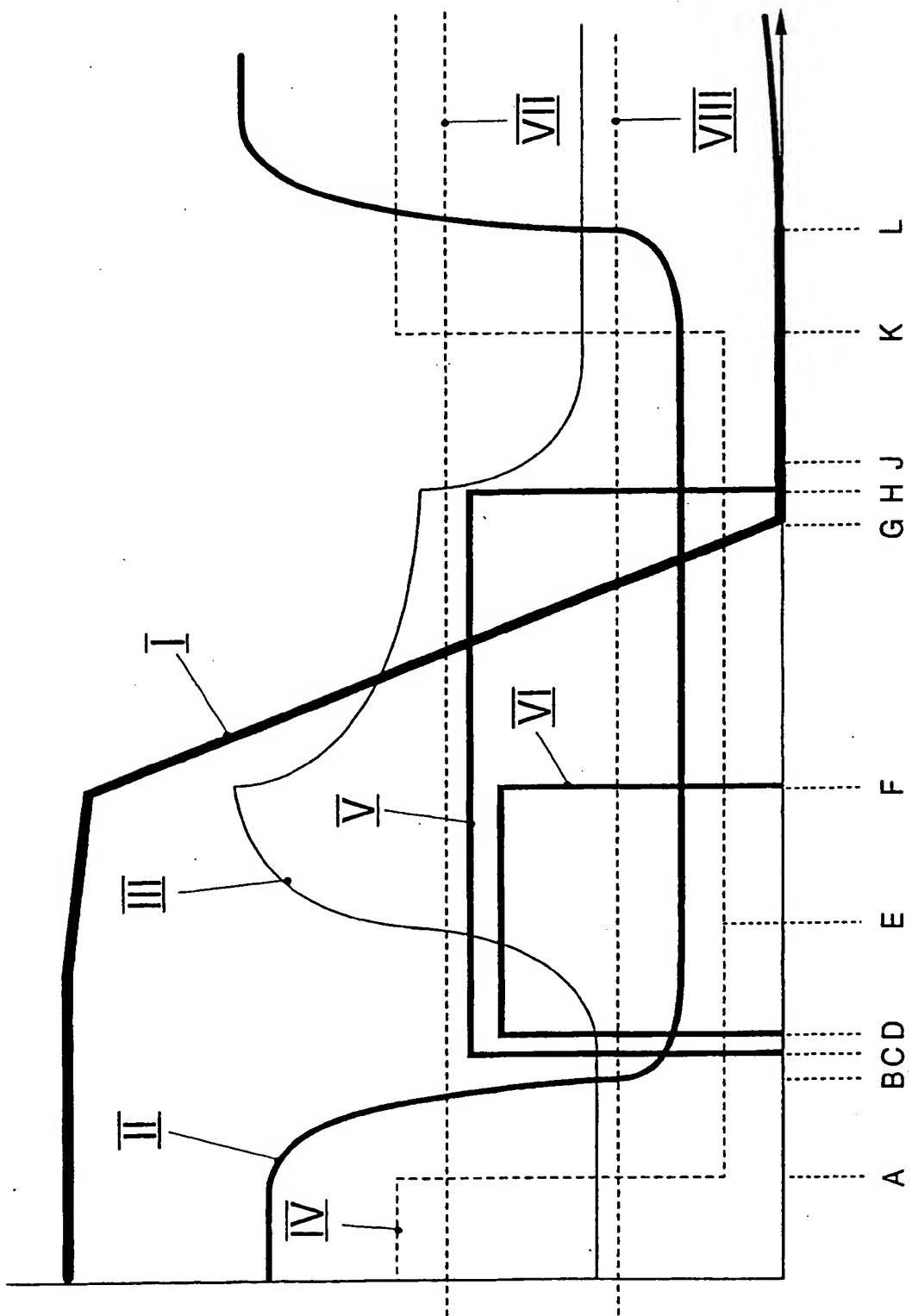


FIG. 2

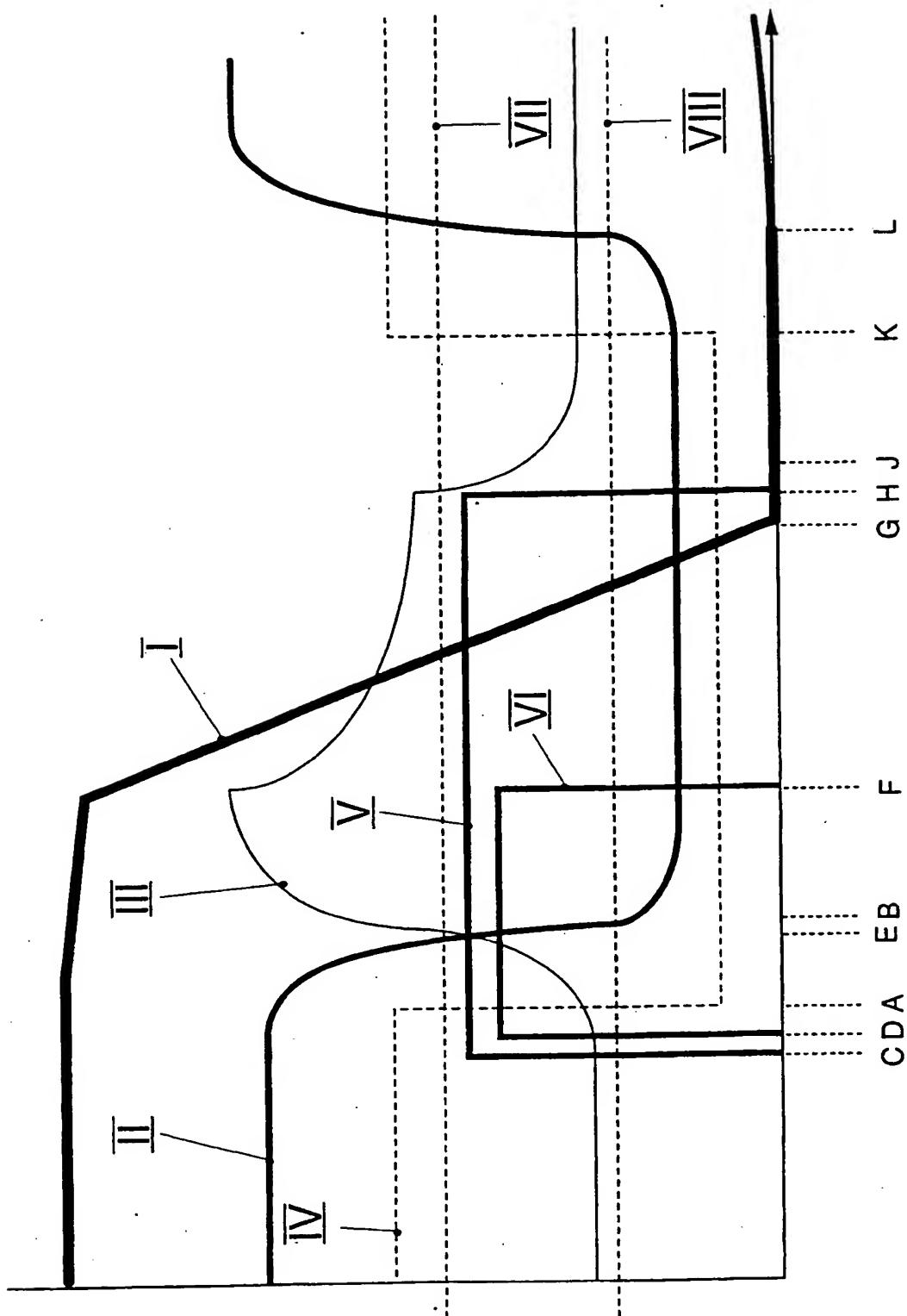


FIG. 3



(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 891 806 A3

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(88) Veröffentlichungstag A3:  
21.04.1999 Patentblatt 1999/16

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B01D 53/94, F01N 3/08,  
F01N 3/20

(43) Veröffentlichungstag A2:  
20.01.1999 Patentblatt 1999/03

(21) Anmeldenummer: 98112703.8

(22) Anmeldetag: 09.07.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 19.07.1997 DE 19731131

(71) Anmelder:  
Volkswagen Aktiengesellschaft  
38436 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:  
Pott, Ekkehard, Dipl.-Ing.  
38518 Gifhorn (DE)

## (54) Verfahren und Vorrichtung zur Regeneration einer Schwefelfalle

(57) Eine Schwefelfalle und ein Verfahren zur Regeneration einer Schwefelfalle wird beschrieben, wobei die Schwefelfalle einem NOx-Speicher vorgelagert ist. Die Schwefelfalle umfaßt einen konzentrisch axial in der Schwefelfalle angeordneten Bypass, der mittels einer Klappe öffnen- und verschließbar ist. Nach dem Umschalten der Motorbetriebsbedingungen von mager auf fett nach der Detektion der Regenerationsnotwendigkeit der Schwefelfalle wird die Schwefelfalle elektrisch auf oberhalb einer De-Sulfatierungs-Mindesttemperatur aufgeheizt. Dabei ist zu Beginn der Aufheizung der Bypass der Schwefelfalle geöffnet. Nach Verstreichen einer vorbestimmten Mindestzeit wird die

Heizung der Schwefelfalle abgeschaltet und der Motor wieder auf Magerbetrieb umgestellt, nachdem ein weiterer Zeitlauf verstrichen ist, um sicherzustellen, daß die Sulfatsäule sich aus dem NOx-Speicher hinausbewegt hat. In dem Fettbetrieb der Motors wird gleichzeitig eine Regeneration des NOx-Speichers bewirkt. Bei Schwefelfallen, bei denen eine thermische De-Sulfatierung unterhalb einer De-Sulfatierungsmindesttemperatur sicher ausgeschlossen werden kann, kann die Schwefelfalle bereits elektrisch geheizt werden, bevor ein Motorbetrieb mit  $\lambda \leq 1$  eingestellt wird.

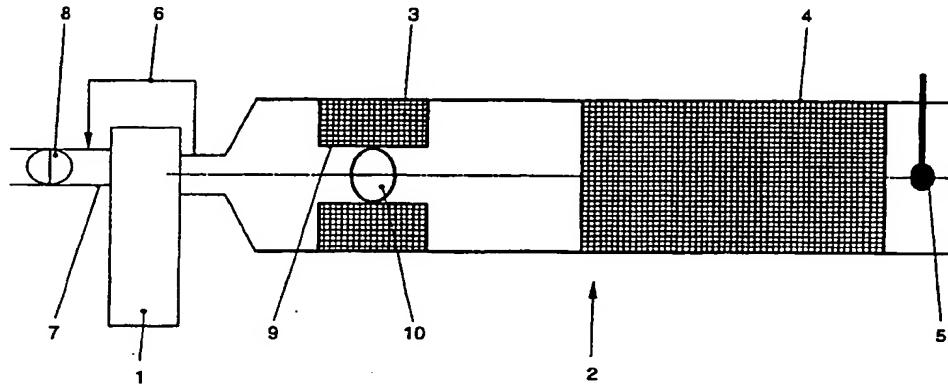


FIG. 1



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE									
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)						
A	EP 0 580 389 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 26. Januar 1994 * das ganze Dokument *	1-13	F01N3/08						
A	EP 0 601 287 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 15. Juni 1994 * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,2,13							
A	DE 196 26 837 A (VOLKSWAGENWERK AG) 9. Januar 1997 * Seite 3, Zeile 30 - Seite 5, Zeile 38 *	1-13							
A	EP 0 761 286 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 12. März 1997 * Spalte 3, Zeile 46 - Spalte 4, Zeile 5 * * Spalte 8, Zeile 2 - Spalte 9, Zeile 45 * * Spalte 12, Zeile 40 - Spalte 13, Zeile 12 * * Spalte 15, Zeile 41 - Zeile 53; Abbildung 1 * * Spalte 23, Zeile 34 - Spalte 24, Zeile 43 *	1-13							
			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.6)						
			F01N B01D						
<p>Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Recherchenort</td> <td style="width: 33%;">Abschlußdatum der Recherche</td> <td style="width: 34%;">Prüfer</td> </tr> <tr> <td>DEN HAAG</td> <td>1. März 1999</td> <td>Borello, E</td> </tr> </table> <p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie  A : technologischer Hintergrund  O : nichtschriftliche Offenbarung  P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze  E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist  D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument  &amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>				Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	DEN HAAG	1. März 1999	Borello, E
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer							
DEN HAAG	1. März 1999	Borello, E							

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 98 11 2705

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-03-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0580389	A	26-01-1994	JP	2605586 B	30-04-1997
			JP	6088518 A	29-03-1994
			DE	69300512 D	26-10-1995
			DE	69300512 T	14-03-1996
			US	5402641 A	04-04-1994
EP 0601287	A	15-06-1994	JP	6093828 A	05-04-1994
			DE	69320445 D	24-09-1998
			DE	69320445 T	18-02-1999
			US	5489319 A	06-02-1996
DE 19626837	A	09-01-1997	DE	19626835 A	09-01-1997
			DE	19626836 A	09-01-1997
EP 0761286	A	12-03-1997	JP	9137713 A	27-05-1997
			US	5850735 A	22-12-1998